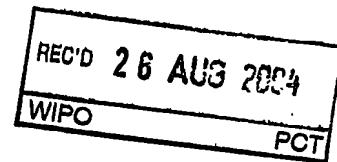




Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03104159.3

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03104159.3
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 12.11.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards
GmbH
Steindamm 94
20099 Hamburg
ALLEMAGNE
Koninklijke Philips Electronics N.V.
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Vorrichtung und Verfahren zur kombinierten Darstellung von Angiogrammen und
aktuellen Röntgenaufnahmen

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G06T/

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

Vorrichtung und Verfahren zur kombinierten Darstellung von Angiogrammen und aktuellen Röntgenaufnahmen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur kombinierten Darstellung von einer aktuellen Abbildung eines Objektes, das sich in einem Wegenetz wie insbesondere dem Gefäßsystem eines Patienten befindet, und einer Kartenabbildung des Wegenetzes.

Die Kombination einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung der Objektumgebung wird beispielsweise bei der Navigation eines Katheters durch das Gefäßsystem eines Patienten vorgenommen. Nachfolgend soll daher die zugrundeliegende Problematik am Beispiel einer Herzkatheter-Untersuchung erläutert werden, wobei die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf dieses Anwendungsgebiet beschränkt ist. Bei den üblicherweise eingesetzten Systemen für kardiale Eingriffe werden statische Angiogramme und aktuell aufgenommene fluoroskopische Abbildungen auf zwei verschiedenen Monitoren nebeneinander dargestellt. Angiogramme sind dabei Aufnahmen des Gefäßsystems, in welchen die Gefäße z.B. durch Kontrastmittelgabe hervorgehoben dargestellt sind. Es bleibt bei diesen Systemen dem behandelnden Arzt überlassen, die auf der aktuellen Aufnahme erkennbare Position eines Objektes wie beispielsweise eines Katheters oder eines Führungsdrähtes der Kartenabbildung des Gefäßsystems zuzuordnen, das heißt die beiden nebeneinander dargestellten Monitorbilder in Gedanken zu überlagern.

Aus der JP-A-2002-237996 ist in diesem Zusammenhang eine Vorrichtung bekannt, bei welcher eine aktuelle fluoroskopische Abbildung und eine statische Gefäßkarte auf demselben Monitor überlagert werden. Problematisch bei derartigen Überlagerungen ist, dass sich aufgrund einer Gesamtbewegung des Patienten sowie des Herzschlags und der Atmung die Lage und Form von Organen in den aktuellen Abbildungen fortlaufend verändern, so dass zum Teil erhebliche geometrische bzw. anatomische Abweichungen zwischen den überlagerten Abbildungen bestehen. Zur Minderung dieses Problems können Datenbanken mit statischen Gefäßkarten aus verschiedenen Phasen des Herz- und/oder Atmungszyklus ver-

wendet werden, um mit Hilfe eines Elektrokardiogramms (EKG) und/oder der gemessenen Atemphase einer aktuellen fluoroskopischen Abbildung die hierzu am besten passende statische Gefäßkarte (aus derselben oder einer ähnlichen Herz- bzw. Atmungsphase) zuzuordnen. Auch bei Einsatz solcher fortgeschrittenen Methoden verbleiben indes geometrische

- 5 Abweichungen zwischen den überlagerten Abbildungen, die den optischen Eindruck und damit die Brauchbarkeit der Überlagerung erheblich stören können. Ferner ist auch für Körperteile, die keiner zyklischen Eigenbewegung unterliegen (z.B. Kopf, Extremitäten), die Qualität der Überlagerung gering, wenn Kartenaufnahme und interventionelle Bildgebung zeitlich getrennt erfolgen. Denn zwischen den Aufnahmen sind Patientenbewegungen zumeist unvermeidlich, und auch die Reproduktion der Bildgeometrie ist mechanisch begrenzt.
- 10

Bessere Überlagerungen von aktuellen Aufnahmen und Kartenabbildungen könnten prinzipiell durch Transformationen erzielt werden, die gemeinsame Bildinhalte zur Überdeckung bringen. Solche als Multimodalitätenregistrierung in der Literatur bekannte Verfahren sind in obigen Fällen jedoch in der Regel nicht anwendbar, da die Kartenabbildung des Wegenetzes und die aktuelle Aufnahme eines Objektes im Wegenetz keine relevanten gemeinsamen Bildinhalte haben. Insbesondere stimmen die Objekte im Wegenetz (z.B. Katheter, Führungsdrähten) weder in Form noch Erscheinungsbild mit dem Wegenetz selbst

- 20 (Kontrastmittelgefüllte Blutgefäße) überein.

Vor diesem Hintergrund war es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Mittel zur verbesserten, echtzeitfähigen kombinierten Darstellung einer aktuellen Abbildung eines Objektes und einer Kartenabbildung des Wegenetzes, in dem sich das Objektes aufhält, bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen enthalten.

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient der kombinierten Darstellung von einer Abbildung eines Objektes, das sich in einem Wegenetz befindet, und einer Kartenabbildung des

- (insbesondere formveränderlichen) Wegenetzes. Die erstgenannte Abbildung wird nachfolgend als "aktuelle Abbildung" bezeichnet, ohne dass hiermit eine Einschränkung in Bezug auf bestimmte Zeitabläufe verbunden sein soll. Auch hinsichtlich der Dimensionalität der aktuellen Abbildung und der Kartenabbildung (1D, 2D, 3D, 4D, ...) bestehen keine
- 5 grundlegenden Einschränkungen. Bei dem Objekt kann es sich z.B. um einen Katheter beziehungsweise eine Interventionseinrichtung (Führungsdrat, Stent, Ballon, etc.) an einem Katheter und bei dem Wegenetz entsprechend um das Gefäßsystem eines Patienten handeln. Das Objekt kann jedoch auch beispielsweise eine im Magen-Darm-Trakt eines Patienten befindliche Kapsel sein, oder es kann eine nicht-medizinische Anwendung vor-
- 10 liegen. Typisch ist, dass sich das Objekt nur entlang der durch das Wegenetz vorgegebenen Bahnen bewegen kann. Die Kartenabbildung stellt vorzugsweise das Wegenetz hervorgehoben dar. Beispielsweise kann es sich bei der Kartenabbildung um ein Angiogramm handeln, welches vom Gefäßsystem eines Patienten unter Kontrastmittelgabe angefertigt worden ist. Die Vorrichtung enthält eine Datenverarbeitungseinrichtung, welche dazu einge-
- 15 richtet ist, die folgenden Schritte auszuführen:
- a) In einer Kartenabbildung das Wegenetz durch eine geeignete Segmentierung zu erkennen. Unter einer Segmentierung wird dabei in üblicher Weise die Zuordnung von Bildpunkten zu verschiedenen Klassen beziehungsweise Objekten verstanden.
- 20 Im vorliegenden Falle kann die Segmentierung insbesondere für jeden Bildpunkt der Kartenabbildung bestimmen, ob er zu dem Wegenetz gehört oder nicht. Die Segmentierung kann vollautomatisch oder gegebenenfalls auch semi-automatisch, d.h. durch interaktiven Eingriff eines Benutzers, erfolgen.
- 25 b) Aus dem vorstehend genannten Segmentierungsergebnis Hilfsinformationen zu berechnen und im Speicher der Datenverarbeitungseinrichtung abzulegen, aus denen zu jeder in Frage kommenden Lage eines Objektes im Bild eine Transformation, die Objekt und Wegenetz in Übereinstimmung bringt, in Echtzeit bestimmt werden kann. Welche Lagen des Objektes "in Frage kommen", richtet sich in erster
- 30 Linie nach der zugrundeliegenden Anwendung; im weitest gehenden Falle können alle auf der Bildfläche möglichen Lagen als in Frage kommend angesehen werden. In Abhängigkeit vom eingesetzten Verfahren in Schritt d) wird in den Hilfsinfor-

mationen vorab die nötige Information bestimmt, um zu den möglichen Lagen eines Objektes im Bild schnellstmöglich den nächsten plausiblen Ort im Wegenetz auffinden zu können.

5 Die Hilfsinformationen können insbesondere die Form einer (Hilfs-) Abbildung der Region des Wegenetzes haben. Zu einer gegebenen Lage eines Objektes können dann an der entsprechenden Stelle der Hilfsabbildung unmittelbar Informationen entnommen werden, die zur Bestimmung einer Transformation in Echtzeit benötigt werden.

10 c) Aus der aktuellen Abbildung ein relevantes Objekt, das sich im Wegenetz befindet, zu segmentieren. Dass das Objekt sich im Wegenetz befindet, geht dabei typischerweise nicht aus der aktuellen Abbildung hervor, sondern beruht auf den Rahmenbedingungen der zugrundeliegenden Anwendung.

15 d) Mit den Hilfsinformationen aus Schritt b) Transformationen der Kartenabbildung und der aktuellen Abbildung zu ermitteln, so dass bei Überlagerung der transformierten Kartenabbildung mit der transformierten aktuellen Abbildung das Bild des Objektes im Wegenetz der transformierten Kartenabbildung zu liegen kommt. Eine der genannten Transformationen, z.B. diejenige der aktuellen Abbildung, wird typischerweise durch die Identität definiert, so dass nur die Kartenabbildung einer "echten" Transformation unterworfen wird. Die Transformationen können im Übrigen beliebig, also insbesondere linear oder nichtlinear sein. Insbesondere kann es sich um eine Translation, eine Rotation und/oder eine Skalierung handeln.

20 25 Mit der beschriebenen Vorrichtung lässt sich eine auf einem Objekt wie etwa einem Katheter basierende Justierung der Überlagerung einer aktuellen Abbildung und einer Kartenabbildung erreichen, wobei die Zwangsbedingung ausgenutzt wird, dass sich das beobachtete Objekt jederzeit im Wegenetz befinden muss. Die zur Überlagerung gebrachten Abbildungen werden daher so transformiert, dass das auf der Kartenabbildung dargestellte Wegenetz über dem auf der aktuellen Abbildung dargestellten Objekt liegt. Auf diese Weise wird Registrierung auf der Basis von Bildinhalten (Gefäß, Katheter etc.) erreicht, und es lassen sich die für einen Benutzer besonders irritierenden Fehler vermeiden, bei

denen ein interessierendes Objekt nicht oder nicht exakt im Wegenetz liegt. Des Weiteren ist für die Vorrichtung von Bedeutung, dass zu der verwendeten Kartenabbildung jeweils vorab Hilfsinformationen berechnet werden, die Informationen über das Wegenetz enthalten und diese z.B. auf die gesamte Bildfläche ausdehnen, damit sie während des späteren 5 Eingriffs unmittelbar abrufbar sind. Dies ermöglicht schließlich eine Echtzeitfähigkeit der Überlagerung, welche unabdingbare Voraussetzung für einen hohen klinischen Nutzen der Vorrichtung ist.

Wie bereits erwähnt wurde, kann es sich bei den Hilfsinformationen insbesondere um eine 10 oder mehrere Abbildungen der Region des Wegenetzes handeln. Diesbezüglich umfassen die Hilfsinformationen vorzugsweise eine Distanzabbildung in Bezug auf das Wegenetz, welche aus der jeweiligen Kartenabbildung durch eine Distanztransformation gewonnen wird. Eine Distanztransformation ist eine aus der digitalen Bildverarbeitung bekannte Operation (vgl. Jähne, Digitale Bildverarbeitung, 5. Auflage, Kap. 18, Springer Verlag 15 Berlin Heidelberg, 2002). Ein Bildpunkt der Distanzabbildung kann dabei insbesondere eine Information darüber enthalten, in welche Richtung und/oder in welcher Entfernung von diesem Punkt aus gesehen ein bestimmtes Segmentierungsobjekt vorliegt. Eine solche Distanzabbildung eignet sich in besonderem Maße für die schnelle Ermittlung der erforderlichen Transformationen, da sie für jeden Bildpunkt die Größe der notwendigen Ver- 20 schiebung ins Wegenetz implizit enthält. In den wichtigen Anwendungsfällen, in denen die Kartenabbildung vorab bekannt ist, kann die zugehörige Distanzabbildung im voraus berechnet und in einem Speicher hinterlegt werden. Dies ermöglicht es später, die Berechnung der Transformationen während eines laufenden Eingriffs in Echtzeit durchzuführen.

25 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung ist die Datenverarbeitungseinrichtung dazu eingerichtet, die folgenden Einzelschritte auszuführen:

b1) Ermittlung der Lage des Bildes des Objektes in der aktuellen Abbildung. Zum Beispiel kann durch eine Segmentierung die Lage eines Katheters beziehungsweise seiner Spitze in einer fluoroskopischen Röntgenaufnahme bestimmt werden. Das Segmentierungsergebnis kann außer einem einzelnen Punkt auch ein ganzes Objekt enthalten, das in der überlagerten Darstellung bestmöglich im Wegenetz liegen soll 30

(eine vollständige Übereinstimmung ist bei schnellen, starren Transformationen insbesondere bei biologischen Wegenetzen nicht immer möglich).

- c1) 5 Ermittlung der kürzesten Verschiebung, welche die Lage in der Distanzabbildung, welche zur vorstehend genannten Lage des Objektbildes in der aktuellen Abbildung korrespondiert, bestmöglich in das Wegenetz überführt. Das heißt, es wird zunächst die korrespondierende Lage des Objektbildes in der Distanzabbildung bestimmt, die sich ergibt, wenn die Lage des Objektbildes in der aktuellen Abbildung "ein zu eins" beziehungsweise gemäß den aus Aufnahmeparametern bekannten geometrischen Beziehungen zwischen der aktuellen Abbildung und der Kartenabbildung übertragen wird. In der Regel wird diese korrespondierende Lage ganz oder teilweise außerhalb des Wegenetzes liegen, da ein Wegenetz wie z.B. das Gefäßsystem einer ständigen Verschiebung und Verformung unterliegt und daher auf der Kartenabbildung und der aktuellen Abbildung in der Regel nicht an gleicher Stelle und in gleicher Konfiguration vorliegt.
- c2) 20 Bestimmung einer Transformation der Kartenabbildung und/oder der aktuellen Abbildung, welche die vorstehend genannte Verschiebung umfasst. Insbesondere kann diese Transformation die Verschiebung global auf eine gesamte Abbildung ausdehnen. Die Verschiebung kann jedoch auch linear oder nichtlinear so fortgesetzt werden, dass bestimmte Randbedingungen, beispielsweise die Invarianz der Bildränder, erfüllt sind.

Bei einer bevorzugten Ausführung der Vorrichtung ist die Datenverarbeitungseinrichtung 25 dazu eingerichtet, eine Segmentierung des Wegenetzes in der Kartenabbildung vorzunehmen und dabei jedem Bildpunkt der Kartenabbildung eine Wahrscheinlichkeit dafür zuzuordnen, dass er zum Wegenetz gehört. Das heißt, dass eine wahrscheinlichkeitsbasierte Segmentierung vorgenommen wird, bei welcher die Bildpunkte nicht scharf in genau eine von zwei Klassen (zum Objekt gehörig oder nicht) eingesortiert werden, sondern dass nur 30 Wahrscheinlichkeiten für eine Zugehörigkeit vergeben werden. Dieses Vorgehen wird insbesondere der Situation bei der Verarbeitung medizinischer Daten besser gerecht, da sich dort aufgrund der Komplexität der dargestellten Strukturen sowie der begrenzten Bildqua-

lität in der Regel keine wirklich sichere Entscheidung über die Zugehörigkeit zu einem Gefäß oder dergleichen treffen lässt. Gleichzeitig kann durch die wahrscheinlichkeitsbasierte Segmentierung auch ein aussagekräftiges Maß für die Zuverlässigkeit eines erhaltenen Ergebnisses definiert werden.

5

Die Vorrichtung kann insbesondere eine bildgebende Einrichtung wie beispielsweise eine Röntgenapparatur und/oder ein MRI-Gerät enthalten, mit welcher die aktuelle Abbildung des Objektes erzeugt werden kann. Weiterhin kann die bildgebende Einrichtung dazu dienen, auch die Kartenabbildungen des Aufenthaltsbereiches des Objektes zu erzeugen. Eine

10 derartige Vorrichtung eignet sich insbesondere zur Navigation eines Katheters bei medizinischen Eingriffen. Die Vorrichtung kann auch mehr als eine bildgebende Einrichtung enthalten, z.B. eine Röntgenapparatur und ein MRI Gerät, so dass die aktuelle Aufnahme und die Kartenabbildung(en) von verschiedenen Modalitäten stammen können.

15 Gemäß einer Weiterbildung der Vorrichtung enthält diese einen Speicher zur Speicherung einer Anzahl von Kartenabbildungen, wobei die Kartenabbildungen gemäß einem variierenden Zustand des Wegenetzes klassifiziert sind. In diesem Falle ist es möglich, unter den mehreren Kartenabbildungen für die vorzunehmende Kombination eine optimale Kartenabbildung auszuwählen.

20

Die Vorrichtung enthält ferner vorzugsweise eine Sensoreinrichtung zur Erfassung mindestens eines Parameters, welcher einen variierenden Zustand des Wegenetzes des Objektes beschreibt. Insbesondere kann die Sensoreinrichtung dazu eingerichtet sein, ein Elektrokardiogramm und/oder den Atmungszyklus eines untersuchten Patienten zu erfassen. Eine 25 solche Sensoreinrichtung kann in Verbindung mit dem vorstehend erwähnten Speicher für eine Anzahl von Kartenabbildungen eingesetzt werden, um einerseits die Klassifikation der gespeicherten Kartenabbildungen nach dem zugehörigen Zustand des Wegenetzes vorzunehmen und um andererseits den zur aktuellen Abbildung gehörenden Zustand des Wegenetzes zu ermitteln.

30

In Verbindung mit der oben genannten, einen Speicher enthaltenden Ausführungsform der Vorrichtung kann die Datenverarbeitungseinrichtung weiterhin dazu eingerichtet sein, aus

dem Speicher der Vorrichtung diejenige Kartenabbildung auszuwählen, deren "Index" bzw. zugehöriger Zustand des Wegenetzes bestmöglich zum Zustand des Wegenetzes passt, welcher während der Aufnahme der aktuellen Abbildung vorlag. Wenn zum Beispiel der Speicher mehrere Kartenabbildungen des Gefäßsystems eines Patienten zu verschiedenen

- 5 Phasen des Herzzyklus enthält, kann hieraus diejenige ausgewählt werden, die aus derselben Phase des Herzzyklus wie die aktuelle Abbildung stammt. Auf diese Weise ist es möglich, parametrisierbare und insbesondere zyklische Eigenbewegungen des Wegenetzes zu berücksichtigen und die aktuelle Abbildung von vornherein nur mit einer möglichst gut passenden Kartenabbildung zu kombinieren.

10

Die Vorrichtung kann insbesondere eine mit der Datenverarbeitungseinrichtung gekoppelte Anzeigevorrichtung enthalten, auf welcher die transformierte Kartenabbildung ganz oder ausschnittsweise der transformierten aktuellen Abbildung oder einem Ausschnitt hiervon überlagert dargestellt wird. Im Rahmen einer Katheteruntersuchung kann dann

- 15 zum Beispiel ein Arzt auf dem Monitor fluoroskopische Lifebilder des Katheters beobachten, in denen ihm gleichzeitig die Gefäßstruktur um den Katheter herum als Ausschnitt einer Gefäßkarte angezeigt wird.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur kombinierten Darstellung einer aktuellen
20 Abbildung eines Objektes, das sich in einem Wegenetz befindet, und einer Kartenabbil-
dung des Wegenetzes, umfassend die folgenden Schritte:

- a) Segmentierung des Wegenetzes in der Kartenabbildung;
b) Berechnung und Speicherung von Hilfsinformationen aus dem Segmentierungser-
25 gebnis, wobei aus den Hilfsinformationen zu jeder in Frage kommenden Lage eines
Objektes im Bild eine Transformation, die Objekt und Wegenetz in Übereinstim-
mung bringt, in Echtzeit bestimmt werden kann;
c) Segmentierung eines relevanten Objektes, das sich im Wegenetz befindet, aus der
aktuellen Abbildung;
30 d) Ermittlung von Transformationen der Kartenabbildung und der aktuellen Abbil-
dung unter Verwendung der Hilfsinformationen, so dass bei Überlagerung der
transformierten Kartenabbildung mit der transformierten aktuellen Abbildung das

Bild des Objektes im Wegenetz der transformierten Kartenabbildung zu liegen kommt.

Das Verfahren implementiert in allgemeiner Form die Schritte, die mit einer Vorrichtung 5 der oben beschriebenen Art ausführbar sind. Zur Erläuterung der Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen des Verfahrens wird daher auf die obige Beschreibung verwiesen.

Im Folgenden wird die Erfindung mit Hilfe der Figuren beispielhaft erläutert. Es zeigt:

10 Fig. 1 die Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur überlagerten Darstellung zweier Abbildungen;

Fig. 2 eine Veranschaulichung einer beispielhaften Distanzabbildung.

15 Bei der in der Figur als stellvertretendes Beispiel dargestellten medizinischen Anwendung geht es darum, die Bewegung eines Katheters 2 bzw. genauer gesagt der Katheterspitze und/oder eines Führungsdrähtes 8 im Gefäßsystem 9 eines Patienten 1 zu beobachten. Zu diesem Zweck werden mit einer Röntgenapparatur 4 fluoroskopische Röntgenaufnahmen des untersuchten Körpervolumens erzeugt, welche als aktuelle Abbildungen A an eine Datenverarbeitungseinrichtung 5 übermittelt werden. Problematisch an solchen fluoroskopischen Aufnahmen ist, dass sich das Gefäßsystem 9 hierauf üblicherweise nicht abzeichnet, so dass eine sichere Navigation des Katheters bzw. eines Führungsdrähtes zu einem bestimmten Ort innerhalb des Gefäßsystems hiermit kaum möglich ist. Eine bessere Darstellung des Gefäßsystems könnte zwar durch die Injektion eines Kontrastmittels erreicht 20 werden. Aufgrund der damit verbundenen Belastung für den Patienten müssen solche Maßnahmen jedoch möglichst sparsam eingesetzt werden.

25

Zur Verbesserung der Katheternavigation werden bei dem dargestellten System vor oder während der eigentlichen Katheteruntersuchung mit der Röntgenvorrichtung 4 mehrere 30 Angiogramme B angefertigt und in einem Speicher 6 der Datenverarbeitungseinrichtung 5 gespeichert. Die Angiogramme können z.B. durch Kontrastmittelinjektionen so erzeugt

werden, dass auf ihnen der Gefäßbaum des Patienten gut zu sehen ist. Sie werden daher im Folgenden auch als "Kartenabbildungen" oder "Gefäßkarten" (roadmaps) bezeichnet.

- Da der Herzschlag erhebliche Auswirkungen auf die Lage und Form des Gefäßsystems des
- 5 Herzens und der angrenzenden Organe hat, sind im Speicher Kartenabbildungen B aus verschiedenen Phasen des Herzzyklus des Patienten 1 hinterlegt. Die zu einer jeweiligen Kartenabbildung B gehörige Herzphase wird dabei durch ein Elektrokardiogramm indiziert, welches von einem Elektrokardiografen 3 parallel zu den Röntgenbildern aufgezeichnet wird. Des Weiteren können Kartenabbildungen auch zu verschiedenen Phasen des
- 10 Atmungszyklus angefertigt werden, welcher durch einen Atmungssensor wie beispielsweise einen Brustgurt oder dergleichen erfasst wird. Eine solche zusätzliche oder alternative Indizierung der Kartenabbildungen B über den Atmungszyklus ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Figur nicht eigens dargestellt. Die Kartenabbildung B können ferner Techniken zur Bildverbesserung unterzogen werden, um die Bildqualität für die Überlagerung
- 15 zu verbessern.

- Während der zu therapeutischen oder diagnostischen Zwecken durchgeführten Katheteruntersuchung werden fortlaufend fluoroskopische Aufnahmen A von der Katheterspitze bzw. einem Führungsdraht 8 erzeugt und zusammen mit dem zugehörigen EKG an die
- 20 Datenverarbeitungseinrichtung 5 geleitet. Die zu einer aktuellen Aufnahme A gehörige Phase des Elektrokardiogramms bzw. des Herzzyklus wird dann von der Datenverarbeitungseinrichtung 5 ermittelt, und aus dem Speicher 6 wird die bestmöglich zu dieser Herzphase passende Kartenabbildung B ausgewählt.
- 25 Die aktuelle Abbildung A und die Kartenabbildung B können im Prinzip nebeneinander auf zwei verschiedenen Monitoren oder einander überlagert auf demselben Monitor dargestellt werden. Da die Kartenabbildung B zur passenden Herzphase ausgewählt wurde, bestünde dabei bereits eine vergleichsweise gute geometrische bzw. anatomische Übereinstimmung zwischen den so überlagerten Abbildungen A, B. Dennoch zeigen sich in der
- 30 Praxis durch Parallaxen bei der Abbildungserzeugung, durch die Bewegung von Weichteilen und durch ähnliche Einflüsse stets geringfügige Abweichungen zwischen den überlagerten Gesamtabbildungen, welche durch Transformationen ohne Analyse des aktuellen

Bildinhaltes nicht behoben werden können. Diese Abweichungen können optisch sehr störend sein und den Nutzen der Überlagerung erheblich mindern.

Zur Verbesserung der Bildqualität bei der Überlagerung zweier Abbildungen wird ein auf 5 der Position des abzubildenden Objektes, das heißt vorliegend des Katheters beziehungsweise Führungsdrähtes 8, basierendes Registrierungsverfahren vorgeschlagen. Im Rahmen dieses Verfahrens wird in den Kartenabbildungen B der Gefäßbaum grob vorsegmentiert. Unter Segmentierung wird in der Bildverarbeitung die Zuordnung von Bildpunkten zu Objekten verstanden.

10

Das Registrierungsverfahren erfordert in diesem Zusammenhang die Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Segmentierung und eines geeigneten Verfahrens zur Aufbereitung des Segmentierungsergebnisses, um eine nachfolgende schnelle Registrierung mit Objekten im Gefäßsystem zu unterstützen. Beide Auswahlen sollen im Hinblick auf einen schnellen und 15 robusten Algorithmus zur Auffindung der bestmöglichen Übereinstimmung zwischen Wegenetz und aktuellem Objekt erfolgen. Für die Segmentierung von Blutgefäßen ist die Hauptachsentransformation der lokalen Hesse-Matrix (Schrijver M: "Angiographic image analysis to assess the severity of coronary stenoses", Twente university press, Enschede, 2002) geeignet. Da bei realen Röntgenaufnahmen des Gefäßsystems in der Regel keine 20 sichere Zuordnung eines Bildpunktes (Pixels) zu einem Gefäß möglich ist, erfolgt hier vorzugsweise eine wahrscheinlichkeitsbasierte Segmentierung. Dabei wird jedem Bildpunkt ein Wert zugeordnet, der die Wahrscheinlichkeit dafür beschreibt, dass der Bildpunkt zu einem Gefäß gehört. Eine multiplikative Distanztransformation mit einer hyperbolischen Maske, bei der Einträge mit dem Kehrwert des Abstands zum Zentrum abnehmen, erlaubt simple 25 Gradientenabstiegsoptimierungen auch für komplexe Wegenetze wie Gefäßbäume mit pathologischen Veränderungen. Eine solche Distanzabbildung D zeigt lokal an, in welcher Richtung bzw. Entfernung vom betrachteten Punkt aus gesehen eine größere Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines Gefäßes besteht. Die Distanzabbildung D kann durch ein Höhenrelief über einer Bildfläche visualisiert werden, wobei die Höhe der Punkte 30 des Reliefs die Entfernung zum Gefäßsystem repräsentiert. Figur 2 zeigt diesbezüglich die zweidimensionale Projektion der Höhenlinien eines beispielhaften Reliefs. Die Berechnung der wahrscheinlichkeitsbasierten Kartenabbildungen B und der zugehörigen

Distanzabbildungen D kann vorteilhafterweise offline bzw. vorab erfolgen, wobei die Ergebnisse im Speicher 6 festgehalten werden. Während einer Echtzeitanwendung wie z.B. des betrachteten medizinischen Eingriffes belasten diese Berechnungen die Durchführung des Verfahrens somit nicht.

5

Nach Auswahl der am besten zur aktuellen Abbildung A passenden Kartenabbildung B aus dem Speicher 6 wird die zu dieser Kartenabbildung B gehörende Distanzabbildung D verwendet, um die Lage des interessierenden Objektes 8 (Katheter oder Führungsdräht) auf der Kartenabbildung B abzuschätzen. Dazu wird zunächst das (röntgendichte) Objekt 8

- 10 mit einem geeigneten Segmentierungsverfahren Σ in der aktuellen Abbildung A segmentiert. Dabei stehen verschiedene Algorithmen zur Verfügung, aus denen hinsichtlich der zugrunde liegenden Anwendung, der dargestellten Interventionseinrichtung sowie der Echtzeitfähigkeit eine optimale Variante ausgewählt werden kann (Baert SAM, Niessen WJ, Meijering EHW, Frangi AF, Viergever MA: "Guide wire tracking during endovascular 15 interventions", Proc. 3rd MICCAI, 2000).

Durch einen einfachen und schnellen Gradientenabstieg kann die Distanzabbildung D dann so verschoben werden, dass die Überlappung zwischen der Lage des Objektes 8 und den Gefäßbereichen maximal wird. Dabei können nur starre Verlagerungen (Verschiebungen und/oder Rotationen) des segmentierten Objektes relativ zur Kartenabbildung B zugelassen werden, es können jedoch auch nichtlineare Transformationen eingeschlossen werden, falls dies bei der speziellen Anwendung Vorteile hat. Die so erhaltene Transformation Θ wird dann auf die Kartenabbildung B angewendet, und die transformierte Kartenabbildung $\Theta(B)$ wird auf den Monitor 10 der aktuellen Abbildung A überlagert dargestellt. In der resultierenden kombinierten Abbildung C ist die Interventionseinrichtung 8 für den Arzt in einem kontrastreichen Gefäßbaum gut sichtbar, wodurch die Navigation des Instrumentes und die Platzierung von Eingriffen erheblich erleichtert wird.

- Bei der kombinierten Darstellung auf dem Monitor 10 kann darüber hinaus nur ein Ausschnitt der Kartenabbildung B und/oder ein Ausschnitt der aktuellen Abbildung A im Bereich des Objektes 8 verwendet werden, um durch eine Begrenzung des Überlagerungsbereiches die Genauigkeit gegenüber einer globalen Registrierung zu verbessern.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur kombinierten Darstellung von einer aktuellen Abbildung (A) eines Objektes (8), das sich in einem Wegenetz (9) befindet, und einer Kartenabbildung (B) des Wegenetzes (9), enthaltend eine Datenverarbeitungseinrichtung (5), welche dazu eingerichtet ist,
 - 5 a) in einer Kartenabbildung (B) das Wegenetz durch eine Segmentierung zu erkennen;
 - b) aus dem Segmentierungsergebnis Hilfsinformationen (D) zu berechnen und im Speicher der Datenverarbeitungseinrichtung abzulegen, aus denen zu jeder in Frage kommenden Lage eines Objektes im Bild eine Transformation (Q), die Objekt und Wegenetz in Übereinstimmung bringt, in Echtzeit bestimmt werden kann;
 - 10 c) aus der aktuellen Abbildung (A) ein relevantes Objekt (8), das sich im Wegenetz (9) befindet, zu segmentieren;
 - d) mit den Hilfsinformationen (D) Transformationen (Q) der Kartenabbildung (B) und der aktuellen Abbildung (A) zu ermitteln, so dass bei Überlagerung der transformierten Kartenabbildung (Q(B)) mit der transformierten aktuellen Abbildung (A) das Bild des Objektes (8) im Wegenetz der transformierten Kartenabbildung zu liegen kommt.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hilfsinformationen eine Distanzabbildung (D) in Bezug auf das Wegenetz (9) umfassen, welche aus der jeweiligen Kartenabbildung (B) durch eine Distanztransformation (D) gewonnen wird.
- 20 3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist,
 - c1) die Lage des Bildes des Objektes (8) in der aktuellen Abbildung (A) zu ermitteln;

- d1) zu der hierzu korrespondierenden Lage in der Distanzabbildung (D) eine kürzeste, in das Wegenetz (9) führende Verschiebung zu ermitteln;
- d2) eine Transformation (Θ) der Kartenabbildung (B) und/oder der aktuellen Abbildung (A) zu bestimmen, welche die ermittelte Verschiebung umfasst.

5

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelten Transformationen (Θ) eine Translation, eine Rotation und/oder eine Skalierung umfassen.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, bei der Segmentierung des Wegenetzes (9) in der Kartenabbildung (B) jedem Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit dafür, dass er zum Wegenetz (9) gehört, zuzuordnen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine bildgebende Einrichtung, insbesondere eine Röntgenapparatur (4) und/oder ein MRI-Gerät, zur Aufnahme der aktuellen Abbildung (A) und gegebenenfalls der Kartenabbildung (B) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Speicher (6) zur Speicherung einer Anzahl von Kartenabbildungen (B) aufweist, welche gemäß einem variierenden Zustand des Wegenetzes (9) klassifiziert sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Sensoreinrichtung (3) zur Erfassung mindestens eines Parameters aufweist, welcher einen variierenden Zustand des Wegenetzes (9) beschreibt, vorzugsweise zur Erfassung eines Elektrokardiogramms und/oder des Atmungszyklus.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, aus dem Speicher (6) eine Kartenabbildung (B) auszuwählen, deren zugehöriger Zustand des Wegenetzes (9) bestmöglich zum Zustand des Wegenetzes (9) während der aktuellen Abbildung (A) passt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Anzeigevorrichtung (10) enthält und die Datenverarbeitungseinrichtung (5) dazu eingerichtet ist, auf der Anzeigevorrichtung (10) die transformierte Kartenabbildung (Θ(B)) ganz oder aus-
5 schnittsweise der transformierten aktuellen Abbildung oder einem Ausschnitt hiervon überlagert darzustellen.
11. Verfahren zur kombinierten Darstellung einer aktuellen Abbildung (A) eines Objektes (8), das sich in einem Wegenetz (9) befindet, und einer Kartenabbildung (B) des We-
10 genetzes (9), umfassend die folgenden Schritte:
a) Segmentierung des Wegenetzes in der Kartenabbildung;
b) Berechnung und Speicherung von Hilfsinformationen aus dem Segmentierungser-
gebnis, wobei aus den Hilfsinformationen zu jeder in Frage kommenden Lage eines
15 Objektes im Bild eine Transformation, die Objekt und Wegenetz in Übereinstim-
mung bringt, in Echtzeit bestimmt werden kann;
c) Segmentierung eines relevanten Objektes, das sich im Wegenetz befindet, aus der
aktuellen Abbildung;
d) Ermittlung von Transformationen der Kartenabbildung und der aktuellen Abil-
20 dung unter Verwendung der Hilfsinformationen, so dass bei Überlagerung der
transformierten Kartenabbildung mit der transformierten aktuellen Abbildung das
Bild des Objektes im Wegenetz der transformierten Kartenabbildung zu liegen
kommt.

ZUSAMMENFASSUNG

Vorrichtung und Verfahren zur kombinierten Darstellung von Angiogrammen und aktuellen Röntgenaufnahmen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur überlagerten Darstellung einer aktuellen (Röntgen-)Abbildung (A) eines Objektes (8) wie beispielsweise eines Katheters und einer Kartenabbildung (B) des Gefäßsystems. Dabei werden zu in einem Speicher (6) hinterlegten Kartenabbildungen (B) mittels einer Distanztransformation (Δ) die zugehörigen Distanzabbildungen (D) berechnet. In den aktuellen Abbildung (A) wird das Objekt (8) segmentiert (Σ). Mit Hilfe der Distanzabbildung (D) wird dann eine Transformation der Kartenabbildung (B) berechnet, so dass bei Überlagerung der aktuellen Abbildung (A) und der transformierten Kartenabbildung ($\Theta(B)$) auf einem Monitor (10) das Bild des Objektes (8) im Wegenetz der transformierten Kartenabbildung liegt.

Figur 1

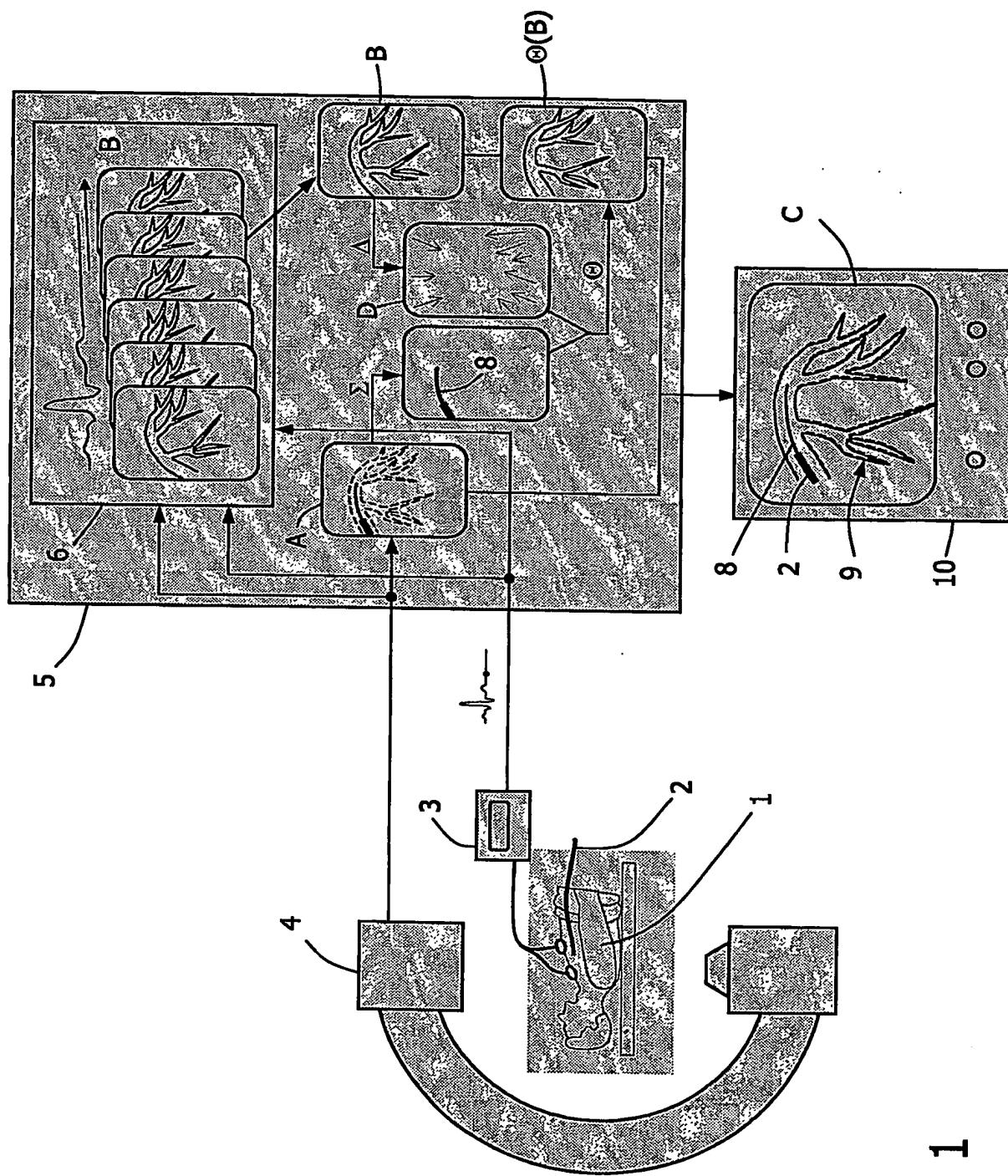


Fig. 1

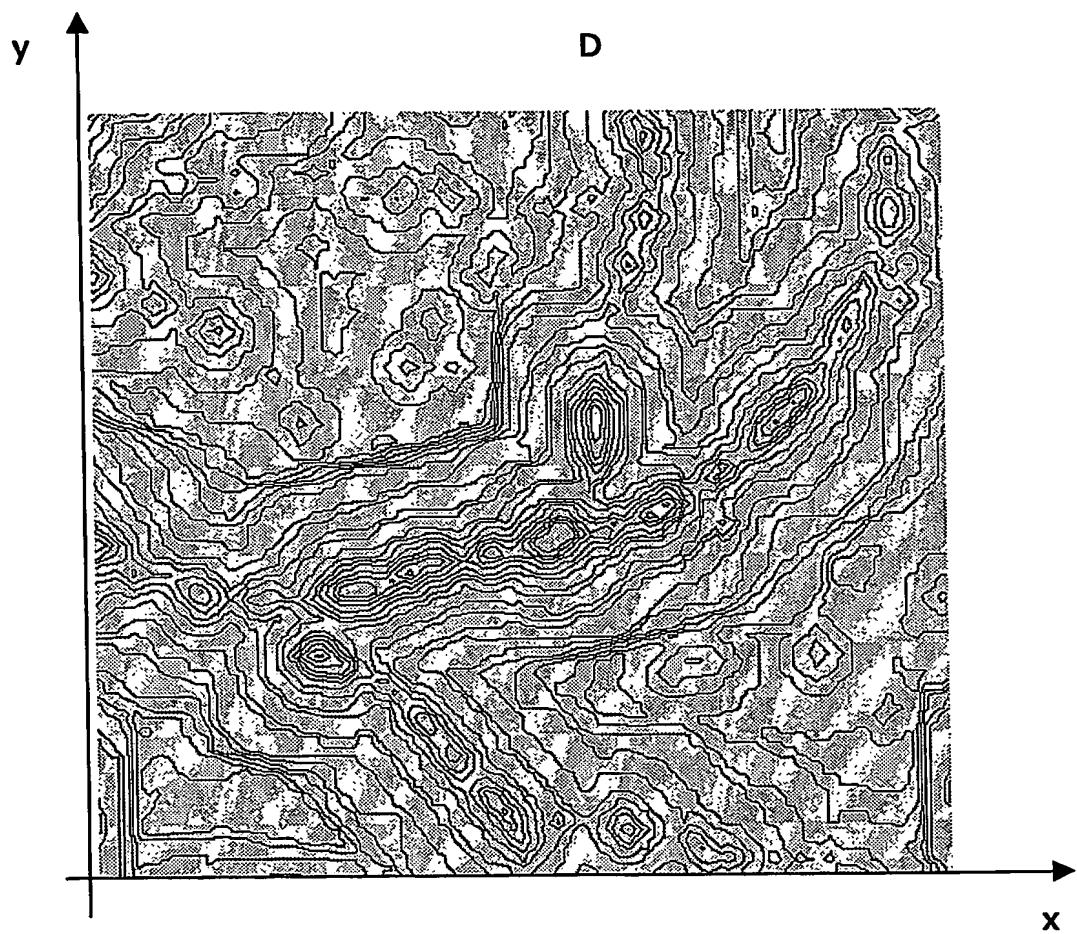


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.